

УДК 664.854

І. Малежик¹, доктор техн. наук; Я. Євчук²;
І. Дубковецький¹, канд. техн. наук

¹Національний університет харчових технологій
²Уманський національний університет садівництва

ЗМІНА ВМІСТУ ОСНОВНИХ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ КОМПОНЕНТІВ ПЛОДІВ ГЛОДУ ЗА КОНТАКТНОГО МЕТОДУ СУШІННЯ

Резюме. Розглянуто питання підвищення якості сушеної продукції за рахунок обґрунтовано підібраної біологічно цінної плодової сировини – плодів глоду, а також наведено результати зміни їх хімічного складу в процесі сушіння контактним методом залежно від тривалості та температури теплоносія й встановлено оптимальні режими сушіння плодів сортів або видів глоду.

Ключові слова: плоди сортів або видів глоду, контактне сушіння, температура гріючої поверхні, тривалість сушіння, цукри, аскорбінова кислота, поліфенольні сполуки.

I. Malezhik, Ya. Yevchuk, I. Dubkovetskiy

CHANGE OF CONTENT OF BASIC BIOACTIVE COMPONENTS OF GARDEN-STUFFS OF HAWTHORN IS AT CONDUCTUS METHOD OF DRYING

The summary. The question of upgrading of the dried products is considered due to reasonably neat biologically valuable fruit raw material - garden-stuffs of hawthorn and also results over of change of them are brought chemical composition in the process of drying a pin method depending on duration and temperature of coolant-moderator and the optimal modes of drying of garden-stuffs of sorts are set, or types of hawthorn.

Key words: garden-stuffs of sorts, or types of hawthorn, pin drying, temperature of warming surface, duration of drying, sugars, ascorbic acid, polyphenolics connections.

Постановка проблеми. Вченими в галузі медицини доведено, що важливий патогенетичний фактор процесу старіння, мутагенезу, розвитку низки важких захворювань залежить від надлишкового утворення в організмі активних форм кисню, який отримав назву оксидантного стресу. Для підтримання гомеостазу в клітинах і захисту біологічних систем важливі антиоксидантні системи захисту організму. Для нормалізації їх функції необхідно, щоб до організму надходив широкий набір біоантиоксидантів, що покращило б стан здоров'я населення [1–3].

Антиоксиданти – важливі компоненти харчування, які попереджують утворення вільних радикалів, зменшують їх дію, беруть участь в їх інактивації, сповільнюють загальні процеси старіння, попереджують розвиток хронічних захворювань. Встановлено [4–6], що найефективнішими є антиоксидантні комплекси природного походження, до яких відносять і глід.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розширенням асортименту продукції підвищеної біологічної цінності можна вважати широке залучення малопоширеної лікарської сировини як у свіжому, так і переробленому вигляді. До цієї групи відносять глід, плоди якого містять легкозасвоювані вуглеводи, органічні кислоти, вітаміни, мінеральні й ароматичні речовини. Збір плодів глоду доводиться на осінній період, у зв'язку з чим існують проблеми з питань їх переробки, транспортування і зберігання. Вирішення цієї проблеми можливе завдяки сушінню свіжозібраних плодів. Сушена

продукція має низку переваг перед свіжою за рахунок її здатності до тривалого зберігання. При цьому маса сушеної продукції в 4–8 разів менша від свіжої, що значно зменшує затрати на її транспортування. В цій продукції, в результаті зневоднення плодів, на рівні до 80% від вихідного продукту, збережені вітаміни та інші біологічно цінні речовини [3–6].

Мета роботи й постановка завдання. Визначення якісних показників плодів та вплив контактного методу сушіння сортових і видових особливостей глоду на зміну в них компонентів хімічного складу, які визначають біологічну цінність кінцевого продукту. Закладку дослідів, аналіз готового продукту проводили відповідно до загальноприйнятих методик [7]. Для проведення досліджень брали плоди глоду таких сортів і видів: глід Мейера, глід алма-атинський, Шаміль, глід східний, Людмил, Збігнєв, Мао Мао, Китайський 1, глід одноматочковий.

Сушіння плодів глоду здійснювали контактним методом, де в якості сушильного агента використовувалося тепло гріючої поверхні плит (дек) за температури від 60 до 90°C. Швидкість потоку повітря в камері становила 0,17 м/с, а тривалість процесу сушіння – від 843 до 601 хв. Процес сушіння вважали завершеним при досягненні кінцевої вологості плодів 23–24 %, що дало можливість зберігати їх тривалий час.

У зразках плодів глоду відібраних сортів і видів визначали основні показники поживної та біологічної цінності: загальної кількості цукрів, аскорбінової кислоти, поліфенольних сполук. Результати досліджень показували у перерахунку на сухий залишок продукту.

Результати досліджень. На рис. 1 наведено криві сушіння плодів глоду сорту Збігнєв, які характеризують зміну інтегрального вологовмісту (W) залежно від часу (τ). Із рисунка бачимо, що зі зростанням температури теплоносія тривалість процесу сушіння скорочується на незначну величину для досягнення кінцевої величини вологовмісту.

Період прогрівання плодів глоду, зі зростанням температури теплоносія від 60 до 100 °C, відповідно зменшується з 50 до 5 хвилин, а період сталої швидкості сушіння спостерігається до першої критичної точки.

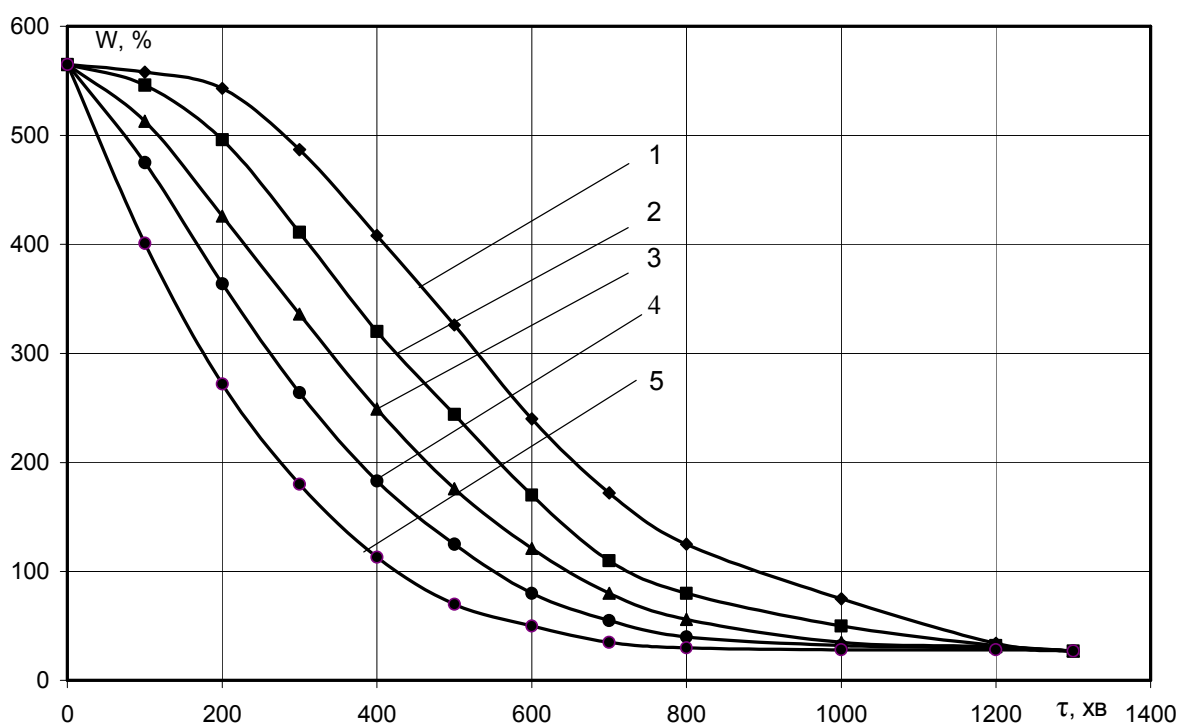


Рисунок 1. Криві контактного сушіння глоду сорту Збігнєв при температурах, °C:
1 – 60, 2 – 70, 3 – 80, 4 – 90, 5 – 100

Апроксимуючи дані першого періоду сушіння, вивели рівняння, що підпорядковуються лінійному закону.

Для температур теплоносія:

$$60\text{ }^{\circ}\text{C} - W = -0,765\tau + 707 \text{ при } R^2 = 0,997;$$

$$70\text{ }^{\circ}\text{C} - W = -0,847\tau + 664 \text{ при } R^2 = 0,999;$$

$$80\text{ }^{\circ}\text{C} - W = -0,85\tau + 595 \text{ при } R^2 = 0,997;$$

$$90\text{ }^{\circ}\text{C} - W = -0,98\tau + 566 \text{ при } R^2 = 0,995;$$

$$100\text{ }^{\circ}\text{C} - W = -1,28\tau + 547 \text{ при } R^2 = 0,985,$$

де W – вологовміст, %; τ – час, хв.; R^2 – середньоквадратичне відхилення.

Апроксимуючи дані другого періоду сушіння, вивели рівняння, що підпорядковуються логарифмічному закону:

$$60\text{ }^{\circ}\text{C} - W = -233 \ln(\tau) + 1692 \text{ при } R^2 = 0,985;$$

$$70\text{ }^{\circ}\text{C} - W = -214 \ln(\tau) + 1541 \text{ при } R^2 = 0,91;$$

$$80\text{ }^{\circ}\text{C} - W = -145,8 \ln(\tau) + 1055 \text{ при } R^2 = 0,877;$$

$$90\text{ }^{\circ}\text{C} - W = -122,5 \ln(\tau) + 883 \text{ при } R^2 = 0,84;$$

$$100\text{ }^{\circ}\text{C} - W = -93,8 \ln(\tau) + 674 \text{ при } R^2 = 0,79,$$

де W – вологовміст, %; τ – час, хв.; R^2 – середньоквадратичне відхилення.

В результаті обробки кривих сушіння отримано залежності швидкості сушіння глоду Збігнєв від вологовмісту (рис. 2), що дають змогу проаналізувати характерні особливості глоду. При виведенні рівняння кінетики сушіння з експериментальних залежностей $dW/d\tau$ встановили, що на першій стадії швидкість сушіння можна приблизно вважати постійною, тоді як з підвищенням температури теплоносія вона зростає від 0,742 кг/хв (для 60°C) до 1,28 кг/хв (для 100°C).

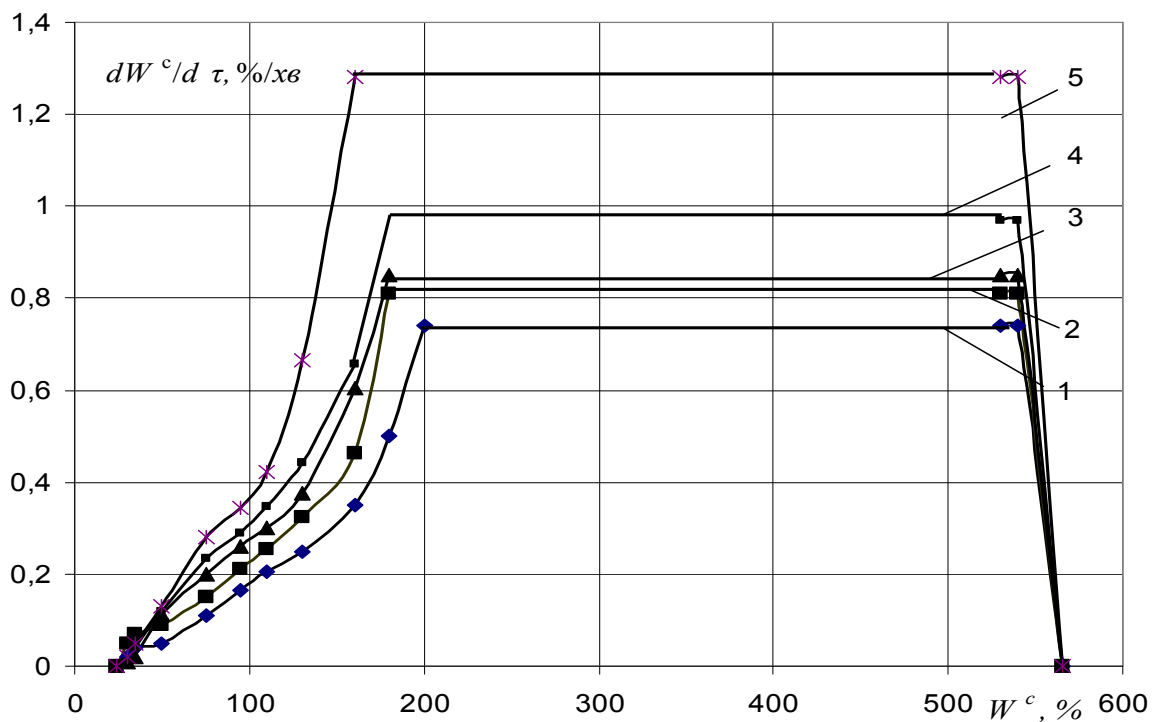


Рисунок 2. Криві швидкості контактного сушіння глоду сорту Збігнев при температурах, °C: 1 – 60, 2 – 70, 3 – 80, 4 – 90, 5 – 100

Проаналізувавши другий період сушіння, вивели апроксимаційні рівняння при температурах:

$$60\text{ }^{\circ}\text{C} - dW/d\tau = 0,00002W^2 + 0,0001W + 0,039 \text{ при } R^2 = 0,98;$$

$$70\text{ }^{\circ}\text{C} - dW/d\tau = 0,00003W^2 - 0,0015W + 0,07 \text{ при } R^2 = 0,96;$$

$$80\text{ }^{\circ}\text{C} - dW/d\tau = 0,00002W^2 + 0,0004W - 0,0065 \text{ при } R^2 = 0,98;$$

$$90\text{ }^{\circ}\text{C} - dW/d\tau = 0,000009W^2 + 0,003W - 0,0723 \text{ при } R^2 = 0,99;$$

$$100\text{ }^{\circ}\text{C} - dW/d\tau = 0,00007W^2 - 0,0039W + 0,0984 \text{ при } R^2 = 0,98.$$

Відомо [4, 8], що вуглеводи є важливою групою органічних сполук, які входять до складу рослинних організмів. Оскільки культурні сорти глоду відносяться до маловивчених культур, то інформації щодо складу вуглеводів та їх кількості у більшості сортів недостатньо. Вміст цукрів у свіжих плодах глоду, що підлягали дослідженню, становив у середньому 77,6% (у перерахунку на суху речовину).

Аналіз проведених досліджень показав, що вміст загальних цукрів залежить як від теплових навантажень і тривалості процесів сушіння, так і від видових та сортових особливостей культури (рис. 3).

Як показали результати досліджень, у варіанті із заданими параметрами сушіння – температурою гріючої поверхні 60°C і тривалістю сушіння 843 хв. уміст загальної кількості цукрів у плодах глоду в середньому знижувався до 60,1%, що на 23% менше, ніж у свіжих плодах. При цьому найвищим за вмістом загальної кількості цукрів вирізнялися глід Мейера – 67,0% і сорт Шаміль – 66,4%.

У варіанті сушіння за температури гріючої поверхні 70°C і середній тривалості сушіння 777 хв. уміст цукрів залишався досить високим. У сорту Шаміль та глоду Мейера їх уміст був однаковий – 63,1 і 63,5%. Аналогічна тенденція спостерігалася і в інших варіантах сушіння плодів з використанням вищих температур гріючої поверхні – 80 та 90°C. За температури гріючої поверхні 80°C та тривалості сушіння плодів 735 хв. уміст цукрів майже не змінювався у порівнянні з варіантом із використанням температури теплоносія 70°C. Найвищим умістом загальної кількості цукрів вирізнявся сорт Шаміль (61,5%), а найнижчим – Людмил (45,0%). У середньому по сортах і видах уміст цукрів відносно свіжих плодів знижувався на 30%.

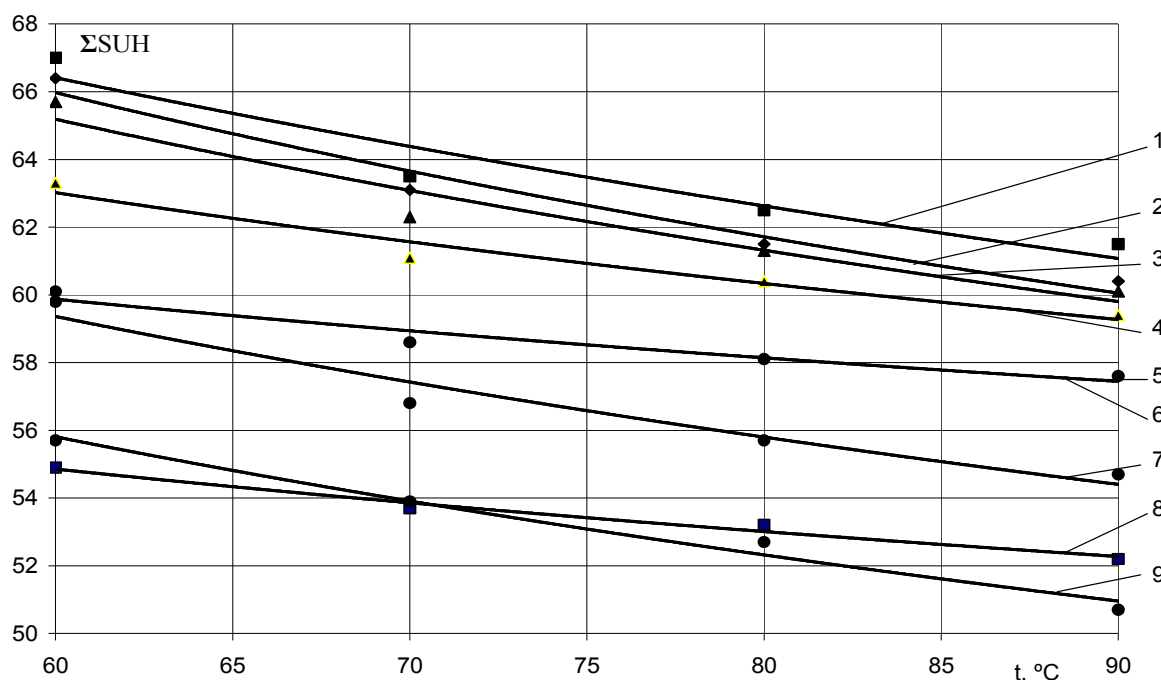


Рисунок 3. Зміна вмісту загальної кількості цукрів у плодах глоду, висушених контактним методом, %: 1 – глід Мейера; 2 – глід алма-атинський; 3 – Шаміль; 4 – глід східний; 5 – Людмил; 6 – Збігнєв; 7 – Мао Мао; 8 – Китайський 1; 9 – Глід одноматочковий

Скорочення тривалості сушіння до 601 хв при сушінні плодів за температури гріючої поверхні 90°C лише деякою мірою впливало на вміст загальної кількості цукрів порівняно з варіантом сушіння при нижчій температурі (60°C). У середньому по сортах і видах при цій температурі вміст цукрів становив 56,7 %, що на 27% нижче від свіжих.

Після апроксимації дослідних даних отримали степеневі рівняння залежності вмісту загальної кількості цукрів у плодах глоду залежно від температури теплоносія:

$$\text{глід Мейера} - \Sigma_{\text{SUH}} = 153,9 t^{-0,2}, R^2 = 0,93;$$

$$\text{глід алма-атинський} - \Sigma_{\text{SUH}} = 170,56 t^{-0,232}, R^2 = 0,97;$$

$$\text{Шаміль} - \Sigma_{\text{SUH}} = 155,69 t^{-0,213}, R^2 = 0,95;$$

$$\text{глід східний} - \Sigma_{\text{SUH}} = 117 t^{-0,151}, R^2 = 0,96;$$

$$\text{Людмил, Збігнєв} - \Sigma_{\text{SUH}} = 90,95 t^{-0,102}, R^2 = 0,945;$$

$$\text{Мао Мао} - \Sigma_{\text{SUH}} = 143,29 t^{-0,215}, R^2 = 0,95;$$

$$\text{Китайський} - \Sigma_{\text{SUH}} = 89,27 t^{-0,12}, R^2 = 0,98;$$

$$\text{Глід одноматочковий} - \Sigma_{\text{SUH}} = 139,85 t^{-0,224}, R^2 = 0,98,$$

де Σ_{SUH} – кількості вуглеводів у плодах глоду, %; t – температура теплоносія, C; R^2 – середньоквадратичне відхилення.

Важливим критерієм цінності плодів глоду є наявність у них антиоксидантних речовин, одним із яких є аскорбінова кислота (вітамін С). Відомо, що вона володіє специфічними антирадіаційними та протиокиснювальними властивостями, позитивно діє на центральну нервову систему [6, 8].

Аскорбінова кислота відноситься до водорозчинних речовин (вітамінів), але під дією будь-якої теплової обробки, у тому числі при сушінні, швидко окиснюється. Відомо, що плоди глоду переробляються впродовж тривалого часу після збирання врожаю. У зв'язку з тим гостро постало питання вивчення збереженості вітаміну С у плодах після процесу переробки [6]. Під час проведення експериментальних

досліджень при різних температурах і тривалості сушіння досліджували зміну вмісту аскорбінової кислоти як найбільш термолабільного показника вітамінної цінності глоду.

Вміст аскорбінової кислоти у свіжих плодах глоду склав від 53,7 у глоду алма-атинського до 270,4 мг/100 г у глоду одноматочкового. Зниження вмісту аскорбінової кислоти в процесі зневоднення відмічено у всіх досліджуваних сортах і видах глоду залежно від різних температур гріючої поверхні (рис. 4).

У варіанті сушіння за температури гріючої поверхні 60°C і середній тривалості 843 хв, вміст аскорбінової кислоти у досліджуваних плодах становив 28,9 мг/100 г. Найвищий її вміст становив у глоду одноматочкового – 60,1 мг/100 г за тривалості сушіння 377 хв, а найнижчий – у сорту Збігнєв 13,1 мг/100 г, за тривалості сушіння 452 хв. Проведені дослідження показали, що сушіння плодів глоду із застосуванням високих температур (70–90°C), незважаючи на скорочення тривалості сушіння (в середньому від 777 до 601 хв.), не дало позитивного результату збереження вмісту аскорбінової кислоти. Її вміст у порівнянні зі свіжими плодами знизився на 82%.

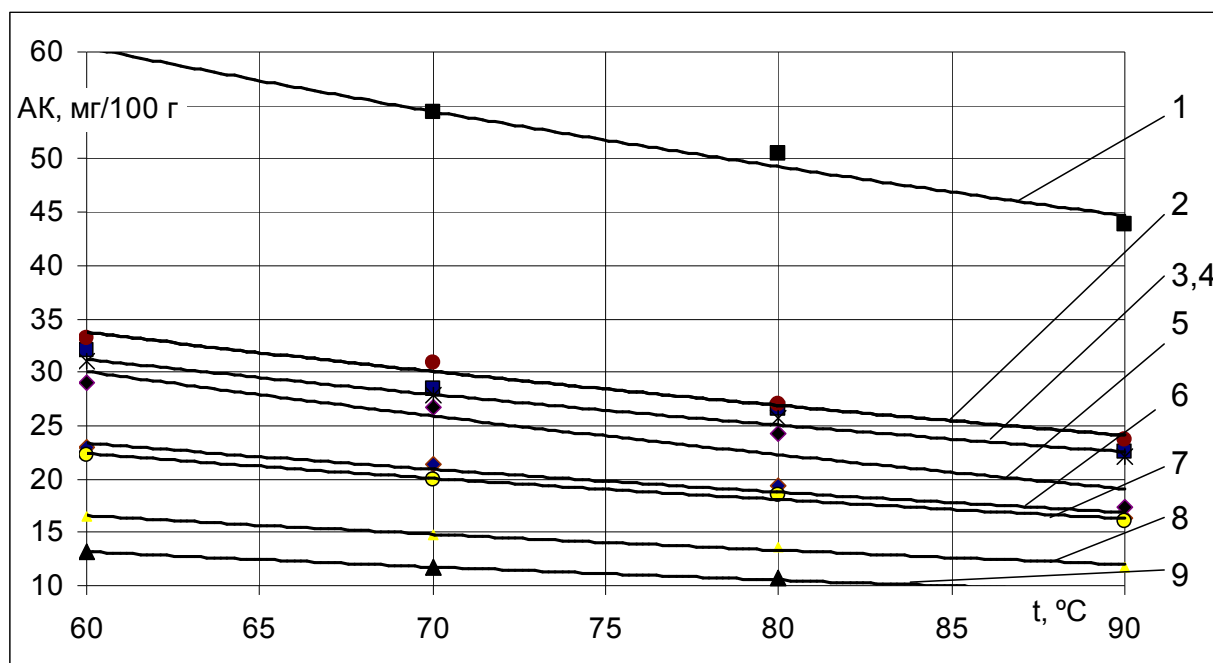


Рисунок 4. Вміст аскорбінової кислоти в плодах глоду, висушених контактним методом, мг/100 г: 1 – глід одноматочковий; 2 – глід східний; 3, 4 – Мао Мао, Людмил; 5 – глід Мейєра; 6 – Шаміль; 7 – Китайський; 8 – глід алма-атинський; 9 – Збігнєв

Апроксимуючи дослідні дані, отримали логарифмічні рівняння залежності аскорбінової кислоти в плодах глоду від температури теплоносія:

$$\text{глід одноматочковий} - \text{АК} = -38,9 \ln(t) + 219,6, R^2 = 0,98;$$

$$\text{глід східний} - \text{АК} = -23,8 \ln(t) + 131,23, R^2 = 0,98;$$

$$\text{Мао Мао, Людмил} - \text{АК} = -21,5 \ln(t) + 119, R^2 = 0,985;$$

$$\text{глід Мейєра} - \text{АК} = -27,09 \ln(t) + 141, R^2 = 0,89;$$

$$\text{Шаміль} - \text{АК} = -15,04 \ln(t) + 84, R^2 = 0,986;$$

$$\text{Китайський} - \text{АК} = -11,3 \ln(t) + 62,8, R^2 = 0,99;$$

$$\text{Збігнєв, глід алма-атинський} - \text{АК} = 9,23 \ln(t) + 50,9, R^2 = 0,99,$$

де АК – вміст аскорбінової кислоти в плодах глоду, висушених контактним методом, мг/100 г; t – температура теплоносія, °C; R^2 – середньоквадратичне відхилення.

Поліфеноли в поєднанні з аскорбіновою кислотою володіють широким спектром дії на організм людини. Особливо необхідно відзначити їх антиоксидантну дію. Також поліфеноли є активними метаболітами і відіграють важливу роль у різноманітних фізіологічних функціях, у тому числі мають стійкість до інфекційних захворювань. Від вмісту поліфенолів залежить забарвлення, аромат та смак плодів [4, 8, 9].

Плоди сортів Шаміль, Людмил, Збігнєв та видів глоду алма-атинського і одноматочкового, вирізняються серед інших досліджуваних сортів і видів високим умістом поліфенольних сполук, у середньому 3782 мг/100 г.

Під час проведення експериментальних досліджень у заданому інтервалі часу послідовно встановлювали зміну загальної кількості поліфенольних сполук. Дослідження показали, що при сушінні плодів глоду втрати поліфенольних сполук можуть бути досить високими (рис. 5).

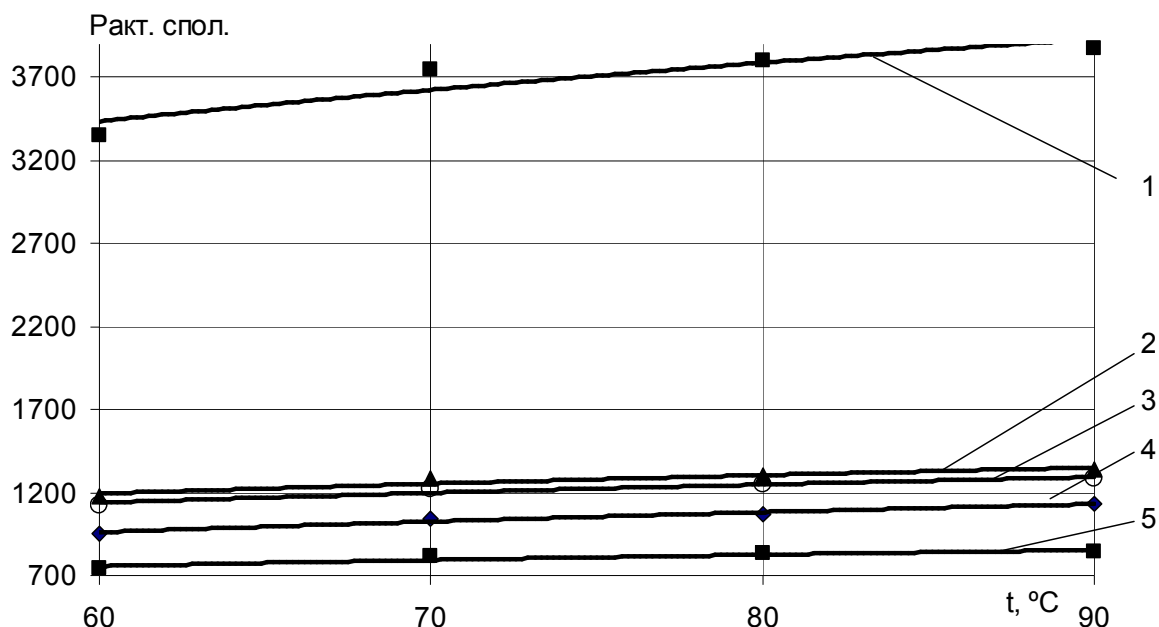


Рисунок 5. Вміст загальної кількості поліфенолів у плодах глоду висушених контактним методом, мг/100 г: 1 – глід одноматочковий; 2 – глід алма-атинський; 3 – Збігнєв; 4 – Шаміль; 5 – Людмил

У варіанті за низької температури гріючої поверхні 60°C і середній тривалості сушіння плодів 635 хв, вміст загальної кількості поліфенолів у досліджуваних сортах і видах становив від 744 до 3352 мг/100 г, що на 61 % менше від їх умісту в свіжих плодах. Менші втрати загальної кількості поліфенолів спостерігалися на фоні підвищення температури гріючої поверхні. Збільшення температури гріючої поверхні до 70–80°C за тривалості сушіння в середньому 592–562 хв, знизило вміст поліфенольних сполук у середньому на 57%, а при 90°C за тривалості 446 хв – на 55% порівняно зі свіжими плодами.

Після апроксимації дослідних даних отримали логарифмічні рівняння залежності вмісту загальної кількості поліфенолів у плодах глоду від температури теплоносія:

$$\text{глід одноматочковий} - P_{\text{ак. спол.}} = 1224 \ln(t) - 1578, R^2 = 0,84;$$

$$\text{глід алма-атинський} - P_{\text{ак. спол.}} = 388 \ln(t) - 395, R^2 = 0,918;$$

$$\text{Збігнєв} - P_{\text{ак. спол.}} = 379 \ln(t) - 414, R^2 = 0,92;$$

$$\text{Шаміль} - P_{\text{ак. спол.}} = 419 \ln(t) - 758, R^2 = 0,96;$$

$$\text{Людмил} - P_{\text{ак. спол.}} = 239 \ln(t) - 222, R^2 = 0,88,$$

де $P_{\text{ак. спол.}}$ – кількість поліфенолів у плодах глоду, %; t – температура теплоносія, °C; R^2 – середньоквадратичне відхилення.

Отже, встановлене відносне збільшення вмісту поліфенолів на загальному фоні втрат маси порівняно зі свіжими плодами в результаті ферментації є, напевно, наслідком усихання сировини. Це пояснюється тим, що поліфенольні сполуки мають у своєму складі антоціанові барвні речовини, які відомі своєю підвищеною реакційною здатністю активно втягуватися у окислювальні процеси, які і відбуваються у перші ж хвилини прогрівання плодів [9].

Висновки. Сушіння плодів глоду є ефективним способом консервування і збереження високої біологічної цінності сировини. При цьому слід відзначити, що за контактного методу сушіння з використанням високих температур теплоносія (гріючої поверхні) спостерігаються досить високі втрати аскорбінової кислоти, ніж за низьких температур. Тому за такого методу сушіння слід використовувати низьку температуру теплоносія (60°C). Проте за результатами досліджень залишкової кількості загальних цукрів, поліфенольних сполук, а також частково аскорбінової кислоти за рахунок високоякісних сортів та видів глоду отримані сухі плоди залишаються джерелом поживних речовин. На основі аналізу сучасного стану недостатнього використання біооксидантів, глід можна розглядати як плодову культуру значних можливостей, яка заслуговує на всебічне подальше вивчення.

Список використаної літератури

1. Тимофеева, В.Н. Использование перспективного сырья для производства продуктов профилактического назначения [Текст] / В.Н. Тимофеева, М.Л. Зенькова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – №9. – С. 66–68.
2. Мурадов, М.С. Изучение свойств полифенольных соединений плодов бузины и боярышника [Текст] / М.С. Мурадов, Т.Н. Даудова, Л.А. Рамазанова // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. «Химия и технологии в медицине». – Махачкала: ДГУ, 2001. – С. 214–216.
3. Гудковский, В.А. Антиокислительные (целебные) свойства плодов и ягод и прогрессивные методы их хранения [Текст] / В.А. Гудковский // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – №4. – С.13–19.
4. Исследование антиоксидантных свойств экстрактов лекарственных растений [Текст] / Г.А. Гореликова, Е.В. Шигина, Л.А. Маюрникова, В.В. Терещук // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – №3. – С. 26–30.
5. Меженський, В.М. З увагою до глоду [Текст] / В.М. Меженський, Л.О. Меженська // Сад. – 1996. – №4. – С. 16–17.
6. Резанова, О.А. Биохимический состав ягод боярышника, произрастающего в Кемеровской области [Текст] / О.А. Резанова, Ю.В. Третьякова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – №6. – С. 56–57.
7. ГОСТ 15113.0-77. Методы испытаний. – М.: 1987. – 70 с.
8. Natural Antioxidants in Health and Disease / Ed. B. Frei, F.L. Orlando, N.Y.: Acad. Press, 1994. – P. 195.
9. Варваріна, Н.М. Розробка процесів сушіння кизилу та продуктів на його основі: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» [Текст] / Н.М. Варваріна; Донецький держ. ун-т економіки та торгівлі ім. Туган-Барановського. – Донецьк, 2007. – 20 с.

Отримано 01.02.2012